원 저

대한신경과학회지 20(1):49~53, 2002 ISSN 1225-7044

당뇨병성 다발신경병증에서 체감각유발전위와 신경전도검사

건양대학교 의과대학 신경과학교실

김돈수 유승화 김용덕 최영철

The Somatosensory Evoked Potentials and Nerve Conduction Studies in Patients with Diabetic Polyneuropathy

Don-Soo Kim, M.D., Seung-Hwa Ryu, M.D., Yong-Duk Kim, M.D., Young-Chul Choi, M.D., Ph.D.

Department of Neurology, College of Medicine, Konyang University

Background : The nerve conduction study (NCS) is one of the most important diagnostic tools used to evaluate the function of large myelinated nerve fibers. However, the NCS in patients with diabetic polyneuropathy, who have sensory and motor abnormalities on neurological examination, are frequently found to be within normal limits. Somatosensory Evoked Potentials (SEP), F-waves, and NCS were performed to determine their usefulness in detecting electrophysiologic abnormalities in the early stages of patients with diabetic polyneuropathy. **Methods** : Posterior tibial SEP (PTSEP) studies were performed in thirty patients with clinically suspected diabetic polyneuropathy who had within normal values of NCS involving the upper and lower extremities. PTSEP, F-wave, and NCS were also performed in age and height matched eighteen normal participants. **Results** : The mean latencies of spinal evoked potentials (T12) and cortical evoked potentials (P1) were significantly prolonged in the diabetic patients compared to the control group ($p<0.05$). The mean central conduction times and F wave latencies had no significant differences between the patients and control groups ($p>0.05$). **Conclusions** : We found the SEP study to be a useful diagnostic test for detecting diabetic polyneuropathy.

J Korean Neurol Assoc 20(1):49~53, 2002

Key Words : Diabetes mellitus (DM), Diabetic polyneuropathy, Somatosensory evoked potentials (SEP)

서 론

당뇨병성 말초신경병증은 당뇨병의 중요한 합병증 중의 하나로 침범된 신경의 종류와 양상에 따라 다발신경병증, 국소성 신경병증 및 다발성 단발신경병증 등 다양한 임상유형을 보이며, 자율신경계와 뇌신경계까지 침범하기도 한다.[1] 당뇨병성 말초신경병증의 발생율은 전체 당뇨병 환자의 10~100%로 다양하다.[2] 당뇨병성 다발신경병증의 진단에 있어서 운동기능, 감각기능 및 자율신경기능 등을 임상적으로 평가하는 방법이 가장 중요하지만, 이는 주관적이고 정량화 할 수 없다는 단점이 있다. 따라서 당뇨병성 다발신경병증의 진단에 있어서 객관적이고 정량적으로 말초신경병증 침범여부를 판정할 수 있고, 추적관찰에 이용할 수 있는 비침습적인 (non-invasive) 검사도구로서 신경전도검사가 널리 사용되고 있다.[1,3] 그러나 신경전도검사는 굵은 수초신경섬유 (large myelinated nerve fibers)의 기능을 측정하는 데는 매우 예민하지만, 작은 신경섬유의 손상을 발견할 수 없다는 한계를 가진다.

저자들은 경험을 통해 임상적으로 당뇨병성 다발신경병증의 증상 및 징후가 분명히 있지만 신경전도검사에서는 정상으로 판정되는 경우를 흔하지 않게 관찰할 수 있었다. 이것은 초기 당뇨병성 다발신경병증의 경우에 말초신경의 병변이 있으나 신경전도검사 결과에서 그 검사치가 검사실 정상범위에 속해서 정상으로 판정되는 경우, 또는 말초신경 병변이 굵은 수초신경섬유보다는 작은 신경섬유에 있는 경우로 생각되며 이러한 경우에 신경전도검사만으로는 진단에 한계가 있을 수 있다.

유발전위검사는 신경계의 기능을 전기생리학적으로 검사하는 방법 중 하나로서 감각전달경로의 기능을 뇌, 척수,

Manuscript received May 3, 2001.
Accepted in final form November 5, 2001.
* Address for correspondence
Young-Chul Choi, M.D., Ph.D.
Department of Neurology,
Konyang University Hospital
685 Gasoowon-dong, Seo-gu, Daejeon, 302-718, Korea
Tel : +82-42-600-6923 Fax : +82-42-545-0050
E-mail : choiyc@kyuh.co.kr

말초신경 등 구획별로 정량적으로 나타낼 수 있다.[4] 특히 체감각유발전위검사는 전달경로가 다른 유발전위에 비해 길다는 특징과 신경손상에 대한 검사의 예민도가 높아 당뇨병 환자에서 말초신경전도의 손상과 더불어 동반되는 중추전도 이상의 검사를 위해 유용하게 사용되고 있다.

당뇨병성 다발신경병증 환자에 대한 기존의 신경전도검사 연구에 의하면 말초신경계의 감각신경이나 운동신경의 신경전달속도가 감소되는 것이 이미 알려져 있고,[5-7] 당뇨병 환자에서 상하지로부터의 중추신경전도 이상에 대한 체감각유발전위의 연구도 많이 시행되고 있다. 그 결과 많은 환자에서 체감각유발전위검사상 중추전도시간(central conduction time)뿐만 아니라 말초신경전도시간의 지연이 임상증상이 발생하기 전에 발견되는 것을 알 수 있다.[6,8]

본 연구에서는 당뇨병성 다발신경병증 환자의 조기 진단에 체감각유발전위의 임상적 유용성을 검증하고자, 신경전도검사상 정상범주이지만 임상적으로 의심되는 당뇨병성 다발신경병증 환자에서 후경골신경 체감각유발전위검사를 시행하여 정상 대조군과의 말초신경전도 및 중추신경전도를 비교하였다.

대상과 방법

본 연구는 건양대학교 부속병원에서 당뇨병으로 진단 받고 치료 중인 환자 중 임상증상과 이학적, 신경학적 진찰을 시행하여 당뇨병성 다발신경병증으로 진단된 환자를 대상으로 신경전도검사를 시행하였다. 대상 환자 중 감각신경계에 손상을 유발할 수근관 증후군, 경추 분리성 척수병증, 뇌혈관질환 환자, 또한 혈중요소질소, 크레아티닌을 측정하여 당뇨병성 신증의 합병증이 생긴 환자는 제외하였다. 당뇨병성 다발신경병증의 임상적 진단은 족반사의 소실, 하지 원위부의 진동감각소실 등, 객관적이고 양손이나 양발에 대칭적인 이상이 발견될 때에만 국한하였으며, 객관적인 신경학적 소견(건반사의 소실, 진동감각의 저하)이 없는 환자도 제외하였다. 환자 중 검사실 신경전달속도 정상범위(평균±표준편차 2배값)를 벗어나는 신경전도검사 소견을 가진 환자를 다시 제외하여, 임상적으로 의심되지만 신경전도검사상 정상범위에 있는 당뇨병 환자 30명을 대상으로 하여 후경골신경 체감각유발전위 검사를 시행하였다. 정상 대조군으로는 특별한 말초신경계나 중추신경계 질환이 없는 18명의 정상인을 대상으로 하여 검사를 진행하였는데, 당뇨병, 고혈압, 경추 분리성 척수병, 또는 심장병이나 뇌혈관질환, 만성 음주자, 항결핵제, 항암제 등의 약물을 투여 받은 병력이 있는 자도 배제하였다. 또한 신장과 연령이 말초와 중추신경전도에 영향을 줄 수도 있기 때문에 환자군과 대조군 간의 연령과 신장이 환자군과 통계적으로 유의한 차이가 없는 것을 확인하였다.

1. 신경전도검사

환자군과 대조군 모두에 운동, 감각신경 전도검사 및 F-파, H-반사 검사를 시행하였다. 신경전도검사는 검사실 실온을 26°C 이상 유지한 상태에서 Toennies Multiliner-E 근전도 기계를 사용하여 상지에서는 정중신경과 척골신경을, 하지에서는 비골신경, 후경골신경 및 비복신경을 구획별로 나누어 측정하였는데, 검출전극, 자극전극 및 접지전극은 모두 상품화된 피부전극을 사용하였다. 신경전도검사는 체감각유발전위를 시행한 같은 쪽의 상지와 하지에서 역방향 방법(antidromic method)을 사용하여 검사하였다. 감각신경 전도검사는 0.2msec의 square wave pulse로 자극하였고 Filter는 20~2000 Hz, sweep speed는 1 msec/division, sensitivity는 10 μV/division으로 하였다. 운동신경 전도검사는 Filter는 2-10000 Hz, sweep speed는 2 msec/division, sensitivity는 2 mV/division으로 하였다. 운동 및 감각신경의 잠복기, 복합근활동전위(compound muscle action potential)와 감각전위진폭, F-파 최소잠복기 그리고 H-반사 잠복기를 측정하였고, 이중 연구대상 환자군의 하지 신경전도검사, F-파 및 H-반사 검사 결과치를 정상대조군과 비교 분석하였다.

2. 체감각유발전위검사

후경골신경 체감각유발전위를 검출하기 위한 검사기계는 Toennies의 Multiliner-E 근전도로, parameter는 최영철 등(1992)과 같은 조건으로 시행하였다.[9,10] 전극은 Grass뇌파 피부전극을 사용하였으며 부착부위는 American EEG society guideline (10~20 international montage)과 Eisen 및 Odusote방법을 이용하였는데,[11] 전극 부착시 피부저항이 5 kOhm 이하가 되도록 주의하였다. 후경골신경의 자극은 족 관절 부위에서 0.1 msec square wave의 전기자극을 사용하였는데 좌우를 각각 따로 평균 초당 3회로 자극강도는 엄지발가락이 약간 반응하는 정도로 조절하고 512~1024회의 자극을 2회 반복하여 척수와 뇌피질에서 검출된 유발전위파를 중복함으로써 전위파의 진위를 판정하였다. 검출된 유발전위파는 척수에서는 음성정점이 현저한 단상성(monophasic) 혹은 이상성(biphasic) 전위파가, 뇌피질에서는 양성, 음성, 양성, 음성순위로 정점을 보이는 전위파가 다상성(polyphasic) 양상을 나타내었다. 각 전위파의 명명은 척수의 음성정점을 T12(척수유발전위파)라고 하였고, 뇌에서는 첫번째 양성정점을 P1(뇌유발전위파)으로 명명하였다. 분석을 위한 유발전위파의 측정은 자극 시부터 각 정점까지의 잠복기 및 척수전위파에서는 음성정점-양성 정점간의 진폭을 , 뇌전위파에서는 첫번째 음성정점-양성정점 간의 진폭을 전위 폭으로 측정하였다. 중추전도시간은 뇌의 P1 잠복기와 척수의 T12 잠복기의 차로 계산하였다.

3. 통계분석

결과의 통계처리는 SPSS/PC for windows 8.0을 사용하여 체감각유발전위의 평균값과 신경전도검사의 변수 값을 두 군 간에 비교하기 위하여 Mann-Whitney test와 Student-t test를 이용하여 비모수적, 모수적 통계를 동시에 시행하였다. 또한 변수끼리의 상관관계를 검증하기 위

Table 1. Comparison of mean latencies of spinal, cortical components and central conduction times in posterior tibial somatosensory evoked potentials in 30 patients with diabetes mellitus and those in 18 control subjects.

	Diabetic patients(n=30)	Controls(n=18)	p-value
Age (years)	55.7±13.3	50.1±11.1	NS
Height (cm)	160.5±7.1	162.1±5.2	NS
T12 peak latency (msec)	24.3±1.9	22.4±1.4	p<.05
P1 peak latency (msec)	40.7±2.6	39.2±2.4	p<.05
Central conduction time (msec)	16.4±1.9	16.8±1.8	NS

NS: statistically non-significant by Mann-Whitney U test and Student T test

Table 2. H-reflexes and F-responses of diabetic patients and control groups

Parameters	Cut-off value	Diabetic patients (n=30)	Controls (n=18)
F-response			
Peroneal nerve Fmin (msec)	56	44.13±3.5	42.57±3.8
Tibial nerve Fmin(msec)	56	42.99±8.2	42.66±3.36
H-reflex			
Latency (msec)		30.12±2.5	29.34±1.27
Amplitude (mV)		2.38±2.61	4.32±4.12

Fmin: Fminimum

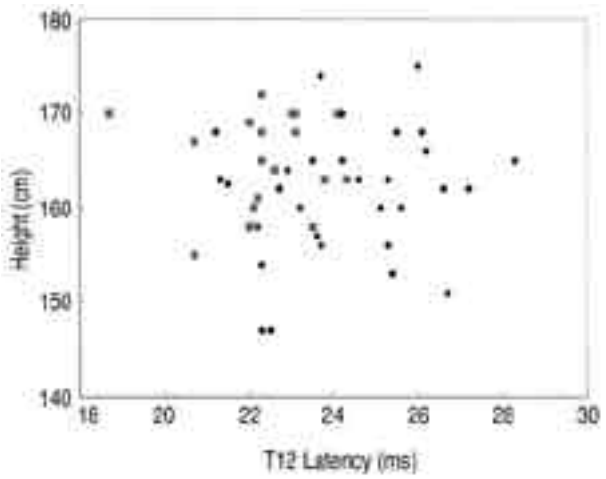

Figure 1. T12 peak latencies and heights in diabetic patients and control groups. *square: Controls, diamond: diabetic patients

해 Pearson의 단순상관분석과, 결과에 영향을 주는 변수를 배제하기 위해 편상관관계 분석을 시행하였다.

결 과

연령분포는 당뇨병 환자군이 55.7±13.3세, 정상 대조군 50.1±11.1세로 양 군 사이에 통계적인 차이가 없었다(p>0.05). 신장도 당뇨병 환자군이 160.5±7.1 cm, 정상 대조군 162.1±5.2 cm로 양 군 사이에 유의한 차이가 없었다(p>0.05).

운동신경 전도검사에서 잠복기, 전달속도 및 전위폭의 양측간의 유의한 차이가 없었다(p>0.05). 감각신경 전도검사의 전달속도상에서는 양측간의 유의한 차이가 없었지만(p>0.05), 비복신경의 전위폭은 17.13±8.52 mV와 24.67±9.44 mV로 당뇨병 환자군에서 정상 대조군에 비해 통계적으로 유의한 차이의 감소가 관찰되었다(p<0.05). 비골신경과 후경골신경의 F파 및 H-반사는 정상 범주였으며 두 군간 유의한 차이는 없었다(p>0.05)(Table 2).

이상과 같이 통계적으로 검사결과에 영향을 미칠수 있는 나이와 신장의 유의한 차이가 없고, 그리고 신경전도검사상 정상범주인 환자군과 정상대조군간의 T12와 P1의 절대잠복기는 당뇨병성 다발신경병증 환자군에서 유의하게 증가되었다(p<0.05). 그러나 두 군간의 중추전도시간의 유의한 차이는 보이지 않았다(Table 1)(Figure 1).

고 찰

체감각유발전위검사는 말초 감각신경을 자극할 때 유발되는 말초 혹은 중추신경계 전위의 변화를 검출하는 전기생리학적 검사이다. 1947년 Dawson에 의하여 처음 개발되고 Cracco등이 표면전극을 사용하여 척추에서 유발전위를 처음으로 측정한 이래로, 환자에게 고통을 주지 않고 단시간 내에 신경기능의 이상 여부를 측정할 수 있는 비침습적 검사방법으로 널리 활용되고 있다.[11,12]

후경골신경을 자극하여 발생되는 체감각유발전위는 말초신경, 척수의 후색, 내측모대, 시상 및 감각피질에 도달하는 주행경로를 가진다. 이 전달과정 중 어디의 질환에서도 결과에 이상이 있을 수 있지만, 이는 말초신경 구획별 침범여부를 쉽게 알 수 없기 때문에 말초신경질환에서는 신경전도검사를, 중추신경계의 전달경로 장애를 검출하기 위해서는 체감각유발전위검사가 흔히 이용되는 경향이 있다.[13]

당뇨병성 말초신경병증의 병리학적 기전은 Schwann 세포 기능을 방해하는 대사이상에 의한 구간 탈수초화가 일차적 병변이며,[14] 구간 재수초화가 당뇨병성 말초신경병증에서 가장 뚜렷한 병리소견이라는 연구가 있고,[15] 이와 상반되는 구간 탈수초화는 축삭변성으로 인한 이차적 변화일

뿐이라는 보고도 있다.[16] 최근에는 구간 탈수초화 및 재수초화가 당뇨병성 말초신경병증의 주된 병리학적 변화이기는 하지만 증상이 심한 환자에서는 현저한 축삭변성이 독립적으로 발생한다는 주장이 보편적으로 받아들여지고 있다.[1]

저자들은 신경전도검사상 정상범주이지만 임상적으로 당뇨병성 다발신경병증이 의심되는 환자에서 시행한 후경골신경 체감각유발전위검사상 말초신경전도 잠복기의 지연이 있음을 발견했다. 체감각유발전위는 여러 기술적 요인들과 피검자의 나이, 성별, 신장, 체온 혹은 각성상태 등의 생리적 요인에 의해 많은 영향을 받는다.[9,11,17] 체감각유발전위검사 결과를 판정해야 할 때에는, 그 중에서도 나이와 신장의 영향력을 동시에 고려하여야 할 필요가 있지만, 본 연구의 대상인 당뇨병 환자군과 정상대조군 사이에는 연령과 신장의 평균 및 분포상 통계적으로 현저한 차이가 없는 군을 대상으로 하였기 때문에 통계처리에 있어서 별 문제가 없었다.[9]

당뇨병 환자의 중추신경전도 이상에 관하여 연소성 당뇨병 환자 46명에서 비골신경 감각유발전위검사를 시행하여 말초신경전도 뿐만 아니라 중추신경전도의 장애도 있음을 보고하고, 이들 장애가 축삭위축에 의한 dyingback 현상에 의해 발생한 것임을 주장한 연구가 있다.[6] 그러나 다른 연구에서 말초신경전도 이상과 중추신경전도의 이상은 연관성이 없는 것으로 밝혀졌다.[5,7] 또한 당뇨병 환자의 부검 소견상 임상증상이 없는 척수경색이나 후색(posterior column)의 탈수초화가 자주 발견되어 이러한 허혈성 병변이 감각신경경로에 영향을 주어 유발전위검사시 중추전도시간의 지연을 유발한다는 주장도 제기되고 있다.[18]

본 연구에서 후경골신경 체감각유발전위를 선택한 이유는 당뇨병 환자에서 상지보다는 하지부위를 먼저 침범하고, 전달경로가 긴 부위를 검사하는 것이 체감각유발전위의 변화를 더 민감하게 반영할 수 있기 때문이다.[13,19,20]

신경전도검사 결과의 분석에 있어서 가장 중요한 요소가 정상범위의 설정 문제인데, 신경 전달속도는 어느 정도 정규분포를 따르기 때문에 평균 및 표준편차에 의한 정상범위의 설정이 충분한 통계적 의미를 지니지만 이와는 달리 전위 폭의 경우에는 정규분포를 따르지 않기 때문에 평균 및 표준편차를 이용한 정상범위의 계산이 아무런 의미가 없게 된다. 이 난점을 해결하기 위해 평방근을 씌워 정규분포에 가깝게 변환시키는 방법 등을 쓰지만 완전한 정규분포를 이루게 할 수 없고, 측정방법에서 반드시 측정전극이 신경주행방향의 바로 상방에 위치하여야 하는 기술적 어려움 때문에 전위 폭의 정상범주를 잡는 데는 어려움이 많다. 당뇨병성 다발신경병증 환자의 경우 신경전달속도가 지연된 정도보다는 전위 폭이 감소된 정도가 더욱 현저하고 이는 축삭변성 때문이라는 주장[21]이 있지만, 이 또한 중증의 환자들을 대상으로 한 추적관찰 연구이기 때문에 제한이 있다. 본 연구의 결과로 정상 대조군에 비해 환자군에서 비복신경의 전위폭이 24.67±9.44 mV와 17.13±8.52 mV로 유의한 정도로 차이가 있는 것은 이미 기술한 조기 변화일 가능성도 있으나 신경 전달속도와 전위폭은 절단점 이상의 정상범주였다. 감각신경에 대한 신경전도검사는 당뇨병성 신경병증의 초기 말초신경장애를 평가하는데 있어서 특히 가치있는 검사로 알려져 있고,[22] 본 연구의 결과도 당뇨병성 다발신경병증에서 운동신경보다는 감각신경에서 먼저 병적 변화가 시작된다는 것을 시사하는 것일 수 있다는 것이다.

운동과 감각신경의 신경전도검사와 더불어 F파도 당뇨병성 다발성 신경병증 환자를 진단하기 위해 임상에서 널리 쓰이고 있다. 운동신경 전달속도의 감소는 말초신경의 전구간을 반영하는데 비해 F파는 주로 특히 근위부의 이상 유무를 반영한다.[23,24] 이러한 결과로 미루어 당뇨병 환자의 진단에 도움이 될 수 있는 F검사가 본 연구에서 차이가 없으므로 환자군과 정상 대조군은 원인은 알 수 없으나 근위부 신경기능 차이가 없는 군임을 추정할 수 있다.

저자들은 당뇨병성 다발신경병증이 임상적으로 의심되지만 신경전도검사상 정상인 당뇨병 환자 30명에서 후경골신경 체감각유발전위를 시행하여 척수전위파, 뇌전위파를 정상대조군과 비교분석하였다. 정상대조군의 평균 T12와 P1의 절대잠복기가 22.4±1.4 msec와 39.2±2.4 msec인데 비하여, 당뇨병 환자군은 평균 24.3±1.9 msec와 40.7±2.6 msec로 통계적으로 의미있게 지연되었다($p<0.05$). 그러나 당뇨병 환자군과 정상 대조군간의 중추전도시간 차이는 관찰되지 않았다. 이상의 결과로 당뇨병성 다발신경병증을 조기 진단하는데 있어서 체감각유발전위검사가 신경전도검사와 더불어 유용한 검사이며, 이 두가지 검사를 병행 한다면 당뇨병성 다발신경병증 진단이 보다 객관적이고 상호보완이 될것으로 생각된다.

REFERENCES

1. Moon JS, Choi YC, Sunwoo IN. Serial Follow-ups of Nerve Conduction Studies in Diabetic Patients. *J Korean Neurol Assoc* 1997;15:309-318.
2. Dyck PJ, Thomas PK, Asbury AK, Winegard AI, Porte D. *Diabetic neuropathy*. 1st ed, Philadelphia, Saunders. 1987;27-35.
3. Dyck PJ, Karnes J, O'Brien PC. Diagnosis, staging, and classification of diabetic neuropathy and associations with other complications. *Diabetic neuropathy*, 1st ed, Philadelphia, Saunders 1987;41.
4. Choi YC, Kim YD, Kim WJ, Yang JW, Moon JS. The central conduction time in posterior tibial and pudendal nerve somatosensory evoked potentials. *Yonsei Med J* 2001;42:9-13.
5. Suzuki C, Ozaki I, Tanosaki M, Suda T, Baba M, Matsunaga M. Peripheral and central conduction abnormalities in diabetes mellitus. *Neurology* 2000;54:1932-1937.
6. Cracco J, Castells S, Mark E. Spinal somatosensory evoked potentials in juvenile diabetes. *Ann Neurol* 1984;15:55-58.
7. Nakamura Y, Takahashi M, Kitaguchi M. Clinical utility of somatosensory evoked potentials in diabetes mellitus. *Diabetes Res Clin Pract* 1989;7:17-23.
8. Gupta PR, Dorfman LJ. Spinal somatosensory conduction in diabetes. *Neurology* 1981;31:841-845.
9. Choi YC, Sunwoo IN, Park YK, Kim KW. The relation-

ship between posteior tibial nerve somatosensory evoked potentials and sensory changes in patients with myelopathy. *J Korean Neurol Assoc* 1992;10:331-338.
10. Eisen A, Odusote K. Central and peripheral conduction times in multiple sclerosis. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1980;48:253-265.
11. Joo IS, Lee KW. Clinical usefulness of central conduction velocity from posterior tibial nerve somatosensory evoked potentials in thoracic myelopathy. *J Korean Neurol Assoc* 1994;12:262-269.
12. Lee KS, Sunwoo IN. Alteration of somatosensory evoked potentials stimulated at posterior tibial nerve by gender, age and height. *J Korean Neurol Assoc* 1991;9:203-213.
13. Halar EM, Graf RJ, Halten JB, Brozovich FV, Soine TL. Diabetic neuropathy: A clinical, laboratory and electrodiagnostic study. *Arch Phys Med Rehabil* 1982;63:298-303.
14. Winegrad AI, Green DA. Diabetic polyneuropathy:the importance of insulin deficiency hyperglycemia and alterations in myoinositol metabolism in its pathogenesis. *N Eng J Med* 1976;295:1416-1421.
15. Chopra JS, Hurwitz LJ, Montgomery DAD. The pathogenesis of sural nerve changes in diabetes mellitus. *Brain* 1969;92:391-418.
16. Said G. Diabetic neuropathy: an update. *J Neurol* 1996;243: 431-440.
17. Anziska B, Cracco RQ, Cook AW, Feld EW. Somatosensory far-field potentials: Studies in normal subjects and patients with multiple sclerosis. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1978;45:602-610.
18. Slager UT. Diaetic myelopathy. *Arch Patho Lab Med* 1978;102:467-469.
19. Olsson Y, Sourander P, Angervail L. A pathoanatomical study of the central and peripheral nervous system in diabetes of early onset and long duration. *Patho Europ* 1968;3:62-79.
20. Behse F, Buchthal F, Carlsen F: Nerve biopsy and conduction studies in diabetic neuropathy. *J Neurol Neurosurg Psychiat* 1977;40:1072-1082.
21. Lamontagne A, Buchthal F. Electrophysiological studies in diabetic neuropathy. *J Neurol Neurosurg Psychiat* 1970;33: 442-452.
22. Downie AW, Newell DJ. Sensory nerve conduction in patients with diabetes mellitus and controls. *Neurology* 1961;11:876-882.
23. Toyokura M, Ishida A. Diagnostic sensitivity of predicted F-wave latency by age, height, and MCV. *Acta Neurol Scand* 2000;102:106-113.
24. Lee JG, Lee SS, Lee TY, Park KY, Lee SH, Han SH. H-reflex studies in patients with subclinical diabetic polyneuropathy. *J Korean Neurol Assoc* 1999;17:683-687.